

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 196 12 394 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
F 01 D 5/14
F 04 D 29/66

②1 Aktenzeichen: 196 12 394.1
②2 Anmeldetag: 28. 3. 96
④3 Offenlegungstag: 2. 10. 97

DE 196 12 394 A 1

⑦1 Anmelder:
MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,
80995 München, DE

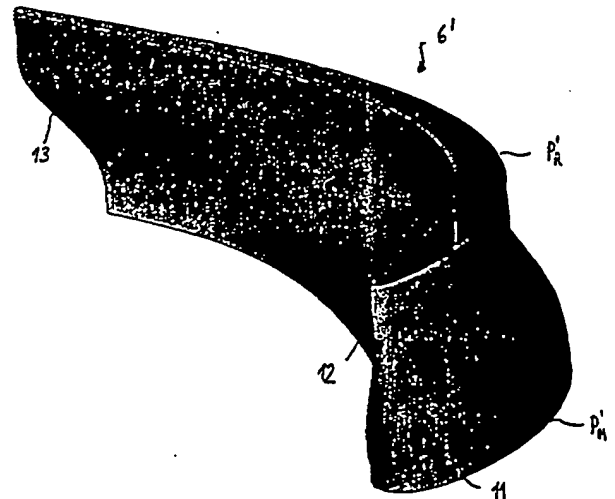
⑦2 Erfinder:
Niehuis, Reinhard, Dr., 85221 Dachau, DE; Hübner,
Norbert, 85221 Dachau, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 28 41 616 B2

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schaufelblatt für Strömungsmaschinen

⑤7 Es wird ein Schaufelblatt 6 für Strömungsmaschinen angegeben, deren Profilschnitte P zur Anpassung an die radial veränderlichen Strömungswinkel und -zustände unterschiedlich ausgebildet sind, angegeben. Aufgabe ist es, durch eine entsprechende Schaufelgestaltung die durch die Sekundärströmung bedingten Schaufelverluste zu reduzieren. Hierzu wird vorgeschlagen, die randnahen Profilschnitte P_R durch Vergrößerung des Vorderkantenradius R_N des Keilwinkels γ_N und/oder der absoluten Profildicke d mit einer strömungsmechanisch gestalteten Aufdickung 11 zu versehen. Durch die Aufdickung 11 des Schaufelblattes 6 im saug- und druckseitigen Bereich wird die Intensität und räumliche Lage des Sekundärwirbels geändert, was schließlich zur Verbesserung des Stufenwirkungsgrades führt. Vorteilhaft Anwendungsfälle sind Stator- und Rotorschaukelungen von Verdichtern, Turbinen, Gebläsen und Pumpen.



196 12 394 A 1

Die Erfindung betrifft ein Schaufelblatt für Schaufelgitter von Strömungsmaschinen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Schaufelblätter werden nach heutigem Stand der Technik aus einer Vielzahl von einzelnen Profilschnitten erzeugt, wobei die einzelnen Profilschnitte an die radial veränderlichen Strömungswinkel und -zustände angepaßt sind. Durch die Fädelung der Einzelprofschnitte wird die Form/Gestalt des Schaufelblattes definiert.

In Schaufelgittern entstehen bekanntermaßen Sekundärströmungen und Sekundärverluste. An den seitlichen Begrenzungswänden des Durchströmteiles bildet sich in der Zuströmung zu den Gittern eine Wandgrenzschicht aus, die im Schaufelkanal umgelenkt wird. Das energieärmere Fluid in der Vorgrenzschicht kann jedoch dem von der Profilsaugseite zur Profildruckseite einer benachbarten Schaufel sich aufbauenden Druckfeld, das im wesentlichen durch die Strömung außerhalb der Randzonen bestimmt wird, nicht das Gleichgewicht halten. Als Folge tritt mit der Ausbildung stärker gekrümmter Strombahnen eine Querströmung von der Druckseite zur Saugseite der Nachbarschaufel auf, die sich in einem Wirbel im Schaufelkanal fortsetzt.

Der Transport des energiearmen Materials der Vorgrenzschicht und die Überlagerung mit der saugseitigen Profilgrenzschicht ruft zusätzliche Verluste, die sogenannten Randverluste hervor. Für die Höhe der Verluste ist die Intensität des Überströmens entscheidend.

Auf die Querbewegung sind zusätzliche Einflüsse weiterer Wirbelsysteme vorhanden. Im räumlichen Staubereich vor der Schaufelvorderkante an der Seitenwand steigt der örtliche Druck in Strömungsrichtung stark an. Dadurch weichen die wandnahen Schichten des Fluids in der Anströmungsgrenzschicht in Zonen geringeren Druckes quer zur Hauptströmung aus.

In der Symmetrieebene des räumlichen Staubegebietes kommt es zu einer Rückströmung. Aufgrund der Wechselwirkung mit der Außenströmung entsteht ein Wirbelgebilde, das hufeisenförmig um das Profil verläuft. Der Hufeisenwirbel besteht somit aus einem saugseitigen und einem druckseitigen Ast. Der saugseitige Wirbelarm verläuft entlang der Profilsaugseite, hat einen gegenläufigen Drehsinn gegenüber dem Kanalwirbel und behindert die Bewegung des Kanalwirbels zur Saugseite. Der druckseitige Ast des Hufeisenwirbels hat innerhalb des Schaufelkanals einen gleichläufigen Drehsinn wie der Kanalwirbel. Es entsteht ein komplexes Wirbelsystem, wobei die einzelnen Wirbel in starker Wechselwirkung miteinander stehen.

In der Dissertationsschrift "Weiß, Andreas P.: Der Einfluß der Profilgeometrie auf die Entwicklung der Sekundärströmungen in Turbinengittern, Dissertation 1993, Universität der Bundeswehr München, S. 80—81" wird die Beeinflussbarkeit der Sekundärströmung durch Variation der Profilgeometrie untersucht, um die Gitterverluste zu minimieren.

Hiervon ausgehend, ist es Aufgabe der Erfindung, ein gattungsgemäßes Schaufelblatt anzugeben, deren Schaufelgeometrie die Sekundärströmung im Sinne einer Minimierung der Schaufelverluste beeinflußt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teiles des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß durch die aerodynamische, stromabwärts der Vorderkante gestaltete Aufdickung des Schaufelblattes im saug- und druckseiti-

gen Bereich und innerhalb des Schaufelkanals das Wirbelsystem in den Randzonen günstig beeinflußt wird. In der Folge wird die Intensität der Sekundärwirbel (Hufeisen-/Kanalwirbel) und deren räumliche Lage geändert, was bei axialen, radialen, diagonalen und geraden Schaufelgittern von Strömungsmaschinen zu einer Reduzierung der Schaufelgitterverluste und zur Verbesserung des Stufenwirkungsgrades führt. Desweiteren kann je nach Wahl der Einflußparameter wie Vorderkantenradius, Keilwinkel und Profildicke zusätzlich Einfluß auf die Schaufelbelastung, also die Druckverteilung genommen werden.

Als Seitenwand wird sowohl die nabenseitige, also die radial innere, als auch die gehäuseseitige, also radial äußere Begrenzung des Ringkanales verstanden, wobei diese als in Umfangs- und axialer -richtung ausgebildete Schaufelprofilplattform bzw. als Deckband oder Maschinengehäuse ausgeführt sein kann. Die Erfindung kann u. a. bei der Stator- und Rotorbeschaufelung von Verdichtern, Turbinen, Gebläsen und Pumpen genutzt werden.

Bei einfachen Blattgeometrien, z. B. gerade Turbinengitter ist als Referenz-Profilschnitt ein Profilschnitt P_M zu verstehen, welcher bei etwa 50% der gesamten Schaufelblatthöhe h_{ges} zu finden ist und keine Aufdickung aufweist. Schaufelblätter in axialen Strömungsmaschinen weisen dagegen komplexere Schaufelgeometrien auf, da die einzelnen Profilschnitte P, die die Schaufelblätter definieren, an die lokal herrschenden Strömungszustände angepaßt sind. Aufgrund der radial veränderlichen Strömungswinkel und -zustände besteht das Schaufelblatt in der Regel aus einer Vielzahl von Einzelprofschnitten, die diesen Verhältnissen angepaßt sind und sich entlang der Schaufelhöhe und insbesondere in ihrer Ausrichtung und Lage ändern. Aerodynamische, mechanische und thermische Belastungen führen u. a. auch zu einer Änderung der Profildicke und der axialen Abmessungen über die Schaufelblatthöhe. So erfordert die Gasdrucklast bei radial außen am Gehäuse angebrachten Leitschaufeln eine zunehmende Profildicke und axiale Abmessung in Schaufelhöhenrichtung um der Biegebeanspruchung zu widerstehen. Dagegen weisen Laufschaufeln im Nabebereich die größte Profildicke und axiale Abmessung auf, um der Fliehkraftbeanspruchung standhalten zu können. Die erfindungsgemäße Aufdickung an den Randzonen ist daher als additive Aufdickung eines Grundprofils zu verstehen, die den zuvor genannten Dickenänderungen des Schaufelblattes überlagert ist. An der dicksten Stelle X des Schaufelblattes kann die Aufdickung bis zu 30% der Sehnenlänge des Profilschnittes P betragen.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Patentansprüche 2 bis 14.

Durch Ausbildung der Erfindung mittels der Merkmale nach einem der Ansprüche 9 oder 10 ist die verlustmindernde Beeinflussung der Sekundärströmung möglich, ohne daß zwangsläufig eine bereits optimierte Profildruckverteilung in ungewünschter Weise durch die Aufdickung abgeändert wird. Hierbei stellt der Staffellungswinkel β einen Auslegungsparameter dar, der nach erfolgter Optimierung der Sekundärströmung mittels der erfindungsgemäßen Aufdickung nur noch geringen Einfluß auf die Sekundärströmung hat, jedoch noch die Druckverteilung über die Profilschnitte P in gewünschter Weise optimiert werden kann.

Um eine Gewichtszunahme des Schaufelblattes durch die Aufdickung zu kompensieren, kann das Schaufel-

blatt im Bereich der Aufdickung hohl ausgeführt werden. Zudem können durch die Aufdickung die Festigkeitseigenschaften des Schaufelblattes verbessert werden.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Niederdruckturbinen axialer Bauweise mit gekrümmten und geraden Schaufelblättern,

Fig. 2a eine perspektivische Ansicht eines nabenseitigen Schaufelblattabschnitts gemäß Schnitt W-W aus Fig. 1 mit S-förmigem Aufdickungsverlauf,

Fig. 2b ein strömungsmechanisches Modell des Schaufelblattabschnitts nach Fig. 2a,

Fig. 2c ein strömungsmechanisches Modell des Schaufelblattabschnitts nach Fig. 2a mit Darstellung der Profilschnitte P,

Fig. 2d eine Draufsicht des Schaufelmodells nach Fig. 2a mit Darstellung eines Referenz- und eines randnahen Profilschnitts,

Fig. 2e ein Diagramm zum Verlauf des Nasenradiuses im Randbereich des Schaufelblattes nach Fig. 2a,

Fig. 2f ein Diagramm zum Verlauf der Profildicke im Randbereich des Schaufelblattes nach Fig. 2a,

Fig. 2g ein Diagramm zum nabenseitigen Verlauf des Keilwinkels γ an der Vorderkante des Schaufelblattes nach Fig. 2a,

Fig. 3a eine perspektivische Ansicht eines nabenseitigen Schaufelblattabschnitts gemäß Schnitt W-W aus Fig. 1 mit exponentiellem Aufdickungsverlauf,

Fig. 3b ein strömungsmechanisches Modell des Schaufelblattabschnitts nach Fig. 3a,

Fig. 3c ein Diagramm zum Verlauf des Nasenradiuses im Randbereich des Schaufelblattes nach Fig. 3a,

Fig. 3d ein Diagramm zum Verlauf des Nasenradiuses im Randbereich des Schaufelblattes nach Fig. 3a,

Fig. 3e ein Diagramm zum Verlauf des Keilwinkels γ an der Vorderkante des Schaufelblattes Fig. 3a,

Fig. 4a eine perspektivische Ansicht eines nabenseitigen Schaufelblattabschnitts gemäß Schnitt W-W aus Fig. 1 mit Fädelung der Profilschnitte in Umfangsrichtung,

Fig. 4b ein strömungsmechanisches Modell des Schaufelblattabschnitts nach Fig. 4a,

Fig. 4c eine Draufsicht des strömungsmechanischen Modells nach Fig. 4a.

Für Richtungs- und Bezugsangaben wird ein in der Strömungsmechanik übliches Axial-Umfangs-Radial-Koordinatensystem z - Φ - r verwendet. Die in Fig. 1 schematisch dargestellte obere Hälfte einer zweistufigen Axialturbinen 1 weist paarweise axial hintereinander angeordnete Leit- und Laufschaufelgitter 2 bzw. 3 auf, die mit geraden bzw. konkav entgegen der Strömungsrichtung S gekrümmten Leit- bzw. Laufschaufeln 4, 5 bestückt sind. Die Schaufelblätter 6 der Leit- und Laufschaufeln 4, 5 erstrecken sich radial in einem zur Maschinenlängsachse A der Axialturbinen 1 konzentrisch angeordneten Ringkanal 7. Die achskonzentrisch verlaufenden nabenseitigen und gehäuseseitigen Seitenwände bilden die radial innere und radial äußere Kanalbegrenzung 8 bzw. 9 des Ringkanals 7 und geben diesem einen bezüglich der Strömungsrichtung S divergenten Verlauf.

Die Laufschaufelgitter 3 sind in Scheibenbauweise ausgeführt, d. h., die Laufschaufeln 5 sind jeweils gitterweise an einer Scheibe 10 angebracht.

reich des zum Leitschaufelgitter 2 gehörigen Schaufelblattes 6' gemäß der Schnittführung W-W in Fig. 1. Wie aus dem Modell nach den Fig. 2b und 2c deutlich wird, wird das Schaufelblatt 6' im randnahen Bereich aus einer Vielzahl von einzelnen Profilschnitten P_R , P_1 - 7 und P_M erzeugt. In ihrer Formgebung sind die Profilschnitte P in üblicher Weise an die radial veränderlichen Strömungswinkel-zustände angepaßt. Einen Einfluß auf die Gestaltung der Profilschnitte P haben aerodynamische, mechanische und thermische Belastungen, die u. a. zu einer Änderung der Profildicke d entlang der Schaufelhöhe h führen. In typischer Weise ist das Schaufelblatt 6' des Leitschaufelgitters 2 radial außen an der äußeren Kanalbegrenzung 9, also am Gehäuse angebracht, und weist daher infolge der Gasdruckbelastung im Allgemeinen nach radial außen eine zunehmende Profildicke d und Profiltiefe t auf. Die zum Laufschaufelgitter 3 gehörige Laufschaufel 5 weist dagegen im Nabengebiet die größte Profildicke auf, um der Fliehkraftbeanspruchung Stand halten zu können. Bei den Übergängen der Schaufelblätter 6 in die begrenzenden Seitenwände 8, 9 — bei den Laufschaufeln 5 ist dies an der inneren Kanalbegrenzung 8 der Fall — weisen diese einen Ausrundungsradius r_N bzw. r_G auf, der die mechanischen Belastungen, wie die Kerbwirkung reduziert, so daß die Schaufelblätter 6 jeweils flächig in die Seitenwände 8, 9 übergehen.

Wie in den Fig. 2a bis 2d erkenntlich und in dem Diagramm nach Fig. 2f im qualitativen Verlauf dargestellt, weisen die randnahen Profilschnitte P_R und P_1 — P_5 gegenüber einem Referenz-Profilschnitt P_M eine zur äußeren Kanalbegrenzung 9 hin zunehmende Aufdickung 11 auf, um die Sekundärströmung im Randbereich positiv zu beeinflussen. Als Referenz-Profilschnitt P_M wurde ein Profilschnitt P gewählt, welcher bei 12% der Schaufelblatthöhe h von der inneren Kanalbegrenzung 8 beabstandet ist und keine Aufdickung aufweist. In Fig. 2d wird die Ausdehnung der Aufdickung 11 über die gesamte Profiltiefe l hinweg gegenüber dem dünnen Referenz-Profilschnitt P_M deutlich. Ausgehend von der Schaufelvorderkante 12 nimmt die Aufdickung 11 kontinuierlich, bis zu einem als Dickenrücklage gekennzeichneten Ort X zu, an dem die maximale Profildicke erreicht wird, um dann bis zur Schaufelhinterkante 13 kontinuierlich abzunehmen. Diese Zu- und Abnahme der Aufdickung 11 erfolgt stetig, um eine aerodynamisch günstige Formgebung zu erhalten. Aufgrund des unterschiedlichen Staffellungswinkel $\beta_{R,M}$ der beiden Profilschnitte P_R und P_M fallen die Skelettlinien K_M und K_R der beiden Profilschnitte P_R und P_M nicht unmittelbar aufeinander, so daß im Hinterkantenbereich die Aufdickung 11 nicht unmittelbar auf der Druck- und Saugseite 14 bzw. 15 sichtbar wird.

Wie die Diagramme der Fig. 2e bis 2g zeigen, resultiert die Aufdickung 11 aus der Vergrößerung der drei Profilparameter Nasenradius R_N an der Schaufelvorderkante 12, Profildicke d und Keilwinkel γ_N an der Vorderkante 12. Ausgehend vom Referenz-Profilschnitt P_M vergrößert sich bis zum randnahen Profilschnitt P_R der Nasenradius R_N um knapp 300%, die Profildicke d um etwa 200% und der Keilwinkel γ_N um etwa 20°. Allen drei Parameterverläufen ist gemeinsam, daß die Aufdickung 11 ausgehend vom randnahen Profilschnitt P_R bis zu etwa 3% der Schaufelhöhe h im wesentlichen konstant bleibt, um dann, ähnlich einer Tangensfunktion mit Wendepunkt W etwa bei 7% der Schaufelblatthöhe h_{ges} auf einen Wert auszuliegen, der dem Referenz-Pro-

Wie in Fig. 2a zu erkennen, ergibt sich somit eine Aufdickung 11, die bis zu einer Schaufelblatthöhe $h_1/h_{ges} = 3\%$ als zylindrisches Teilstück T_z ausgebildet ist, um dann nach einer Übergangsfunktion T_0 auszu-
laufen. Generell ist dabei die Aufdickung 11 derart ge-
wählt, daß sich zwar aufgrund des unterschiedlichen
Staffelungswinkel β_M , β_R der Profilschnitte P un-
terschiedlich große Profiltiefen l_R bzw. l_M ergeben aber die
Abmessung t in axialer Richtung von der Aufdickung 11
unbeeinflusst. Die Abmessung t ist allerdings u. a. aus
Festigkeitsgründen über die Schaufelblatthöhe h_{ges} ver-
änderlich.

Ein alternativer Verlauf der Aufdickung 11 ist in den
Fig. 3a bis 3f gezeigt, wobei hier die die Aufdickung 11
bestimmenden Profilparameter ausgehend vom randna-
hen Profilschnitt P_R ähnlich einer exponentiellen Funk-
tion ohne Wendepunkt stetig abfallen, bis die Profilsch-
nitte P in den Referenz-Profilschnitt P_M übergehen. Die
Staffelung und Fädelung der Profilschnitte P wurde da-
bei gegenüber der ersten Variante nach Fig. 2 unverän-
dert gelassen.

Eine dritte Ausführungsform von einer randnahen
Schaufelblattgestaltung ist in den Fig. 4a bis 4c gezeigt.
Durch die Fädelung der Profilschnitte P in Umfangs-
richtung wird die weitere Formgebung des Schaufel-
blattes 6''' definiert. Das dort gezeigte Schaufelblatt 6'''
weist die gleiche qualitative und quantitative Aufdik-
kung 11 und die gleichen Profilschnitte P auf, wie sie in
den Parameterverläufen zum ersten Ausführungsbei-
spiel nach den Diagrammen der Fig. 2e bis 2g zum Aus-
druck kommt. Durch die Fädelung der Profilschnitte P,
wonach die Schaufelhinterkante 13 eine Gerade bildet,
stellt sich die Aufdickung 11 in der Draufsicht nach
Fig. 4b als druckseitige Aufdickung 11 des Schaufelblat-
tes 6''' dar. Bei diesem wie auch bei den anderen Ausfüh-
rungsbeispielen wurde der Staffelungswinkel β der Pro-
filschnitte P derart gewählt, daß der Einfluß der Aufdik-
kung 11 auf die saugseitige Druckverteilung zu den Pro-
filschnitten P kompensiert oder zumindest die Lage des
Druckminimums gegenüber Profilschnitten P_M ohne
Aufdickung unverändert bleibt.

Weitere vorteilhafte Schaufelblattgestaltungen erge-
ben sich durch eine Fädelung der Randschnitte in
axialer Richtung unter Ausnutzung von gefeilten Vor-
derkanten, wie in Fig. 1 dargestellt. Dabei kann durch
die axiale Breite der Profilschnitte zur Berandung 8 bzw.
9 zu- oder abnehmen.

Das letzte Ausführungsbeispiel zeigt, daß die Aufdik-
kung 11 druck- und saugseitig ausgeführt sein kann aber
durch die Fädelung der Profilschnitte P in axialer Rich-
tung und in Umfangsrichtung der druck- oder saugsei-
tige Ort der Aufdickung 11 in Fig. 4a nicht unmittelbar
erkennbar ist.

Patentansprüche

1. Schaufelblatt für Schaufelgitter von Strömungs-
maschinen in einem Ringkanal, deren Profilschnitte
(P) über die Schaufelhöhe unterschiedlich ausgebil-
det sind, dadurch gekennzeichnet, daß die randna-
hen Profilschnitte (P_R) an zumindest einer begren-
zenden Seitenwand (innere bzw. äußere Kanalbe-
grenzung 8, 9) des Ringkanals (7) eine strömungs-
mechanisch gestaltete Aufdickung (11) aufweisen,
die gegenüber der Kontur eines Referenz-Pro-
filschnittes (P_M) des Schaufelblattes (1) einen ver-
größerten Vorderkantenradius (R_N), einen große-
ren Keilwinkel (γ_N) bzw. (γ_H) an der Vorder- und/
oder Hinterkante (12 bzw. 13) und/oder eine große-

re absolute Profildicke (d) aufweist.

2. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die
Aufdickung (11) vom Vorderkanten- bis zum Hin-
terkantenbereich erstreckt.

3. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auf-
dickung (11) mit zunehmenden Abstand von der
Seitenwand (8 bzw. 9) entlang der Schaufelblatthö-
he (h) nach einer Übergangsfunktion abnimmt.

4. Schaufelblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet, daß die Aufdickung (11)
bis zu einer Schaufelblatthöhe (h_1) als zylindrisches
oder konisch verlaufendes Teilstück (T_z) ausgebil-
det ist und die Aufdickung (11) im Anschluß an das
Teilstück (T_z) nach einer Übergangsfunktion (T_0)
ausgeführt ist.

5. Schaufelblatt nach Anspruch 3 oder 4, dadurch
gekennzeichnet, daß die Übergangsfunktion (T_0)
durch eine Cosinus- oder Tangensfunktion gebildet
wird.

6. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe
(h) mit Aufdickung (1) eine Funktion von der Dicke
der Vorgrenzschicht an der Seitenwand (8, 9) ist.

7. Schaufelblatt nach Anspruch 6, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die mit einer Aufdickung (11) versehe-
nen randnahen Profilschnitte (P_R , P_{1-5}) innerhalb
der Grenzschicht an der Seitenwand (8, 9) liegen.

8. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die
Aufdickung maximal bis zu einer Höhe (h) von der
Seitenwand (8, 9) erstreckt, die 30% der Schaufel-
blatthöhe (h_{ges}) entspricht.

9. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auf-
dickung (11) derart gestaltet ist, daß die Lage des
saugseitigen Druckminimums im wesentlichen un-
verändert bleibt.

10. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Staf-
felungswinkel (β) der randnahen Profilschnitte (P_R)
gegenüber dem des Referenz-Profilschnittes (P_M)
derart gestaltet ist, daß die Lage des saugseitigen
Druckminimums im wesentlichen unverändert
bleibt.

11. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pro-
filschnitte (P) im Übergangsbereich zu den Seiten-
wänden (8, 9) einen Ausrundungsradius ($V_{N,G}$) auf-
weisen, der der Aufdickung (11) überlagert ist.

12. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das
Schaufelblatt im Bereich der aufgedickten (Aufdik-
kung 11) Profilschnitte (P) hohl ausgeführt sind.

13. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das
Schaufelblatt im Bereich der aufgedickten (Aufdik-
kung 11) Profilschnitte (P) in axialer Richtung und/
oder Umfangsrichtung gefädelt ist.

14. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auf-
dickung (11) derart gestaltet ist, daß die axiale Ab-
messung (t) des Profilschnittes (P_R) unverändert
bleibt.

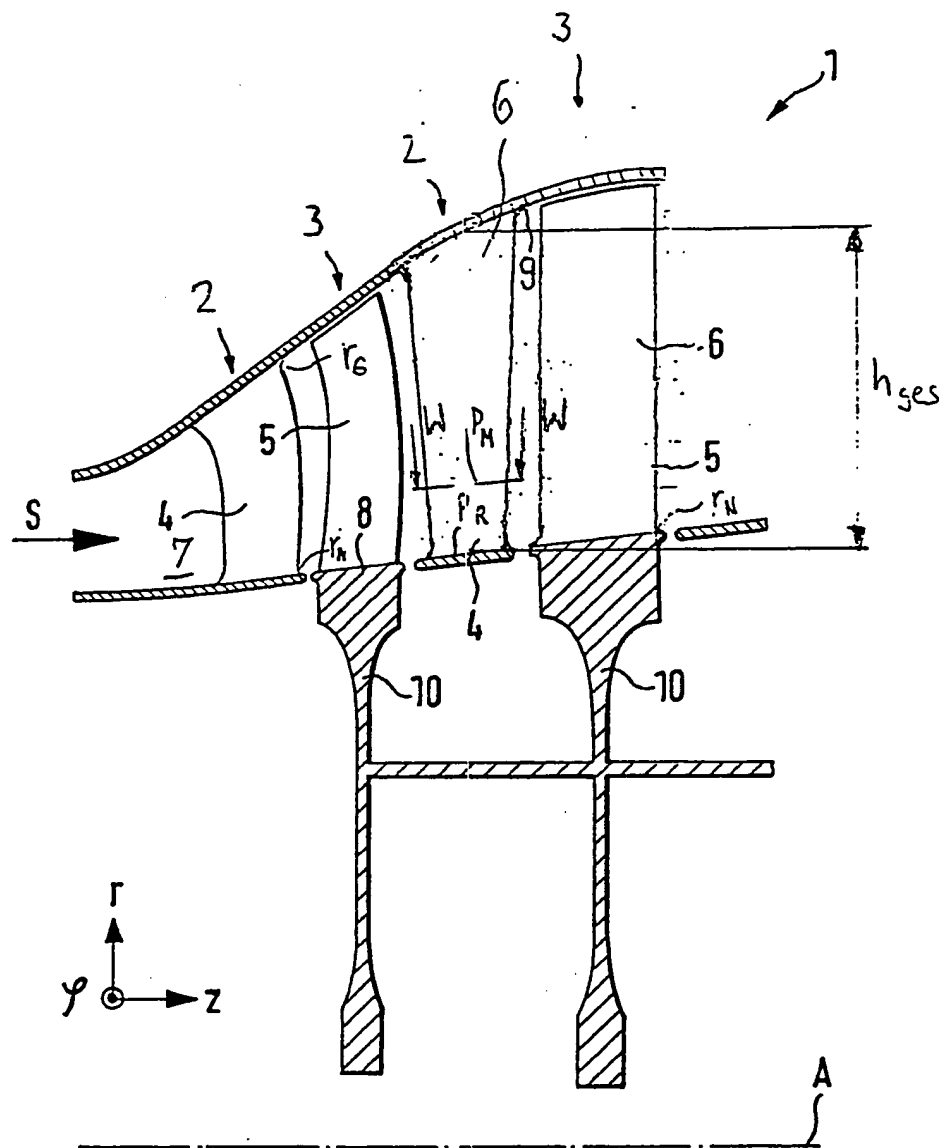
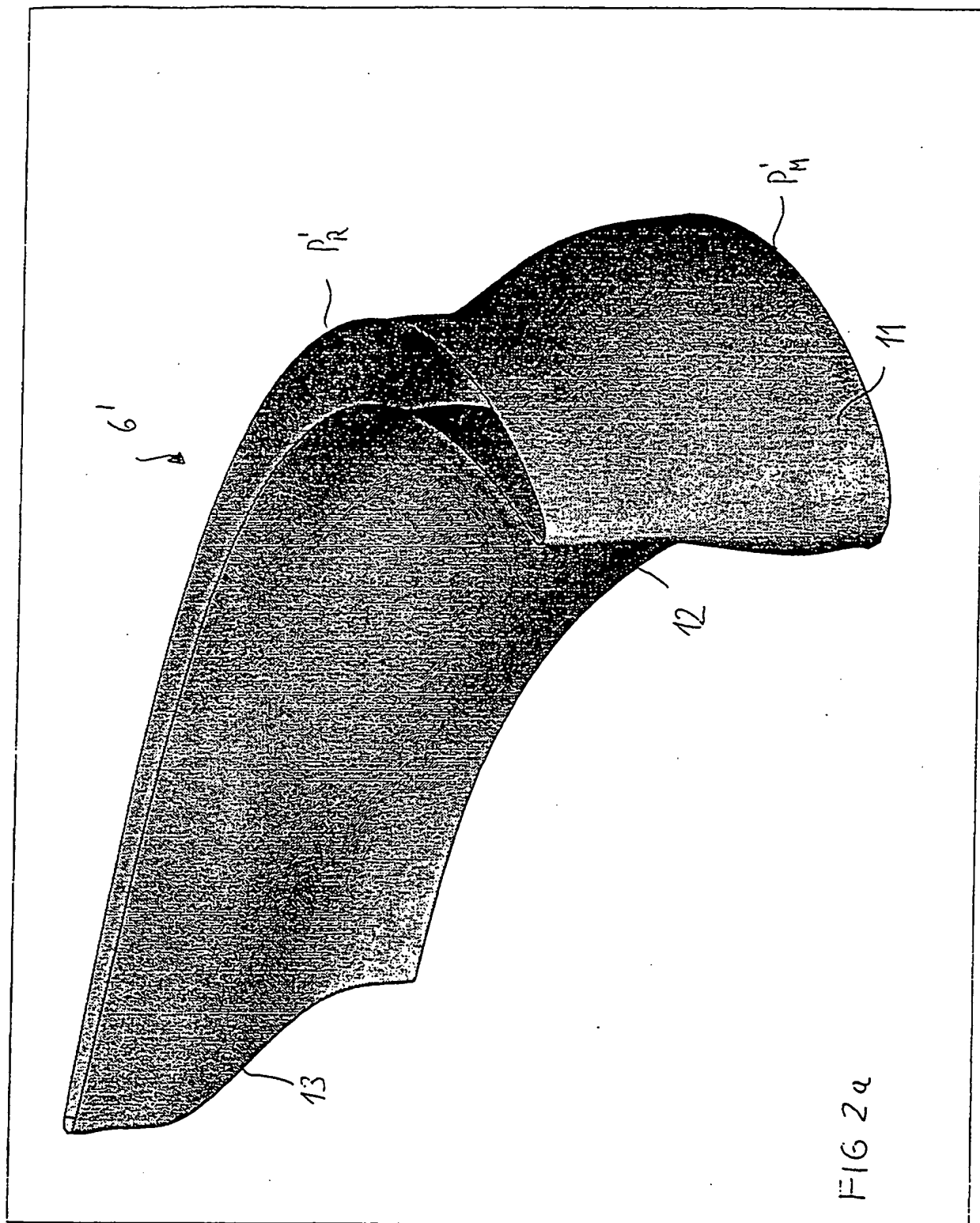


FIG 1



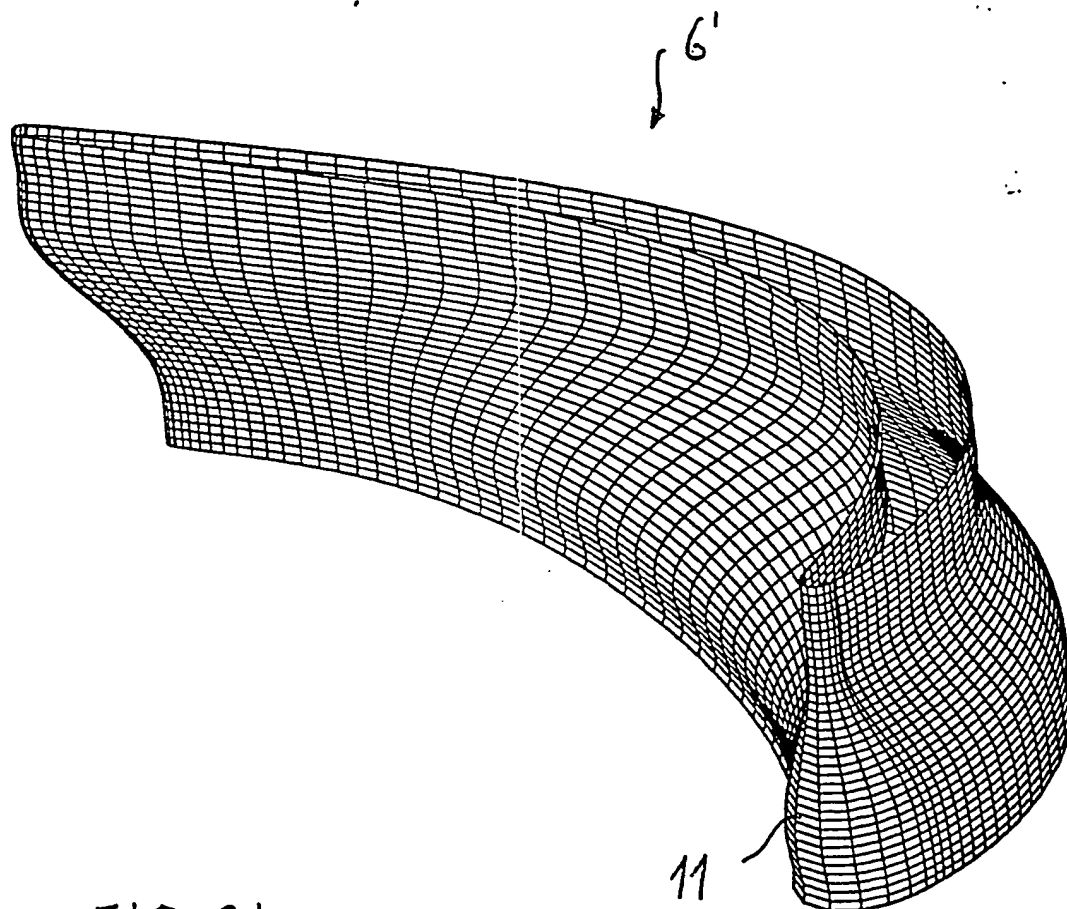


FIG 2b

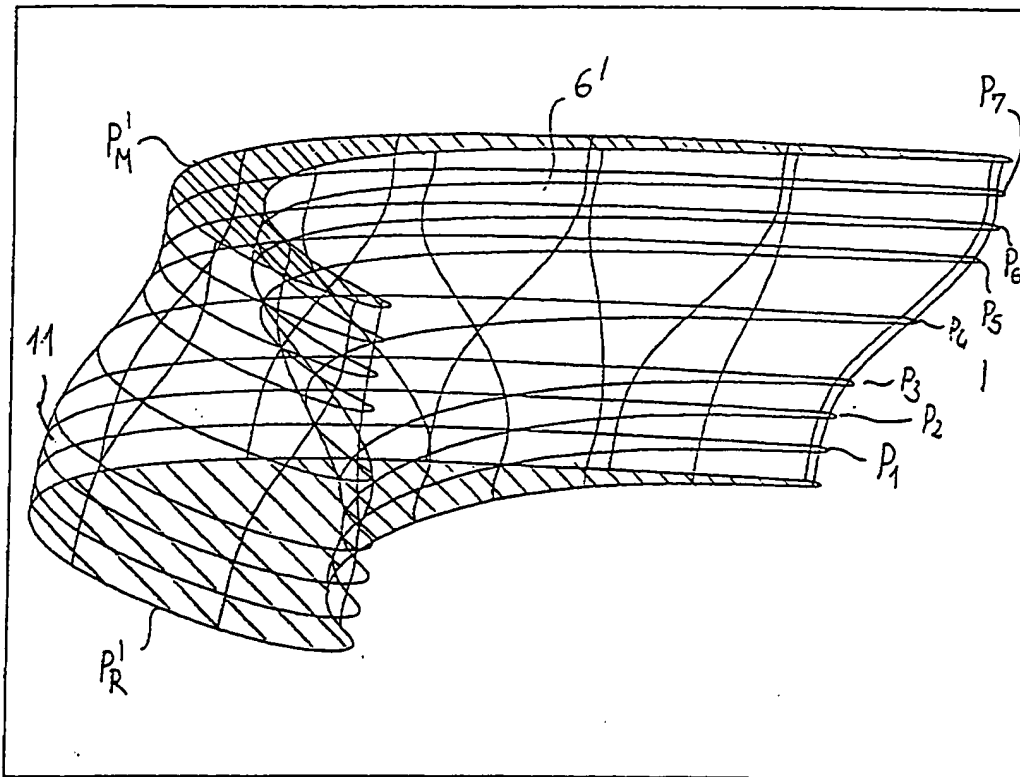


FIG 2c

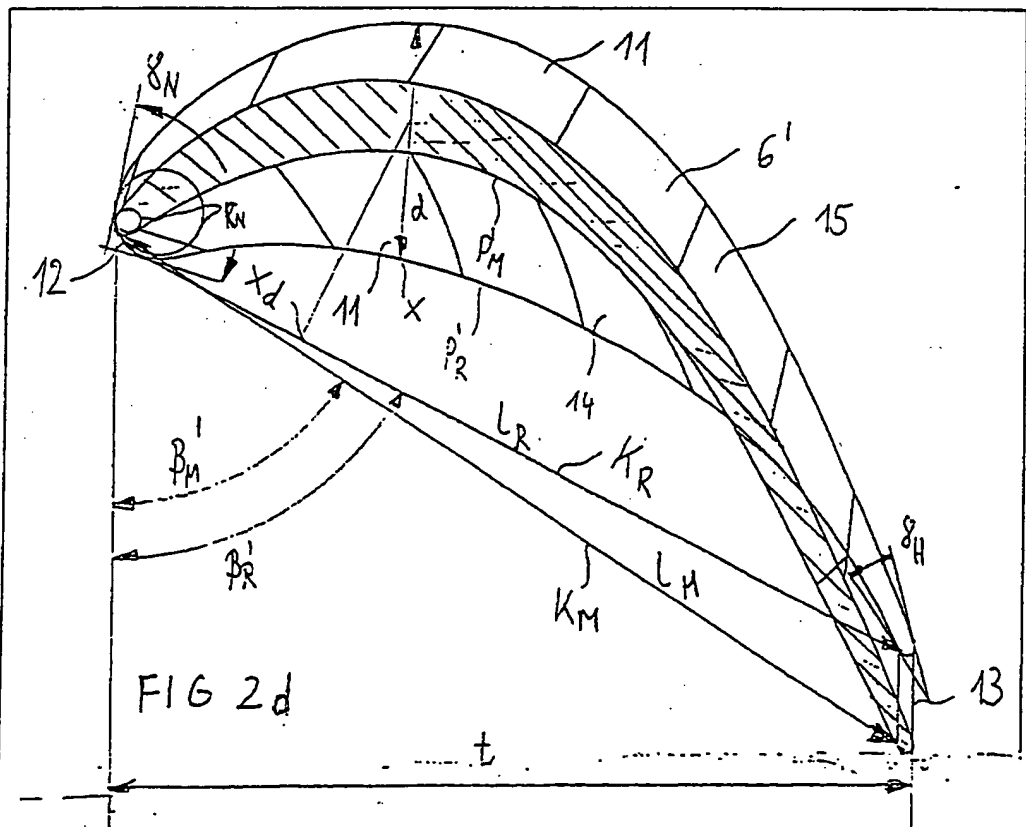


FIG 2d

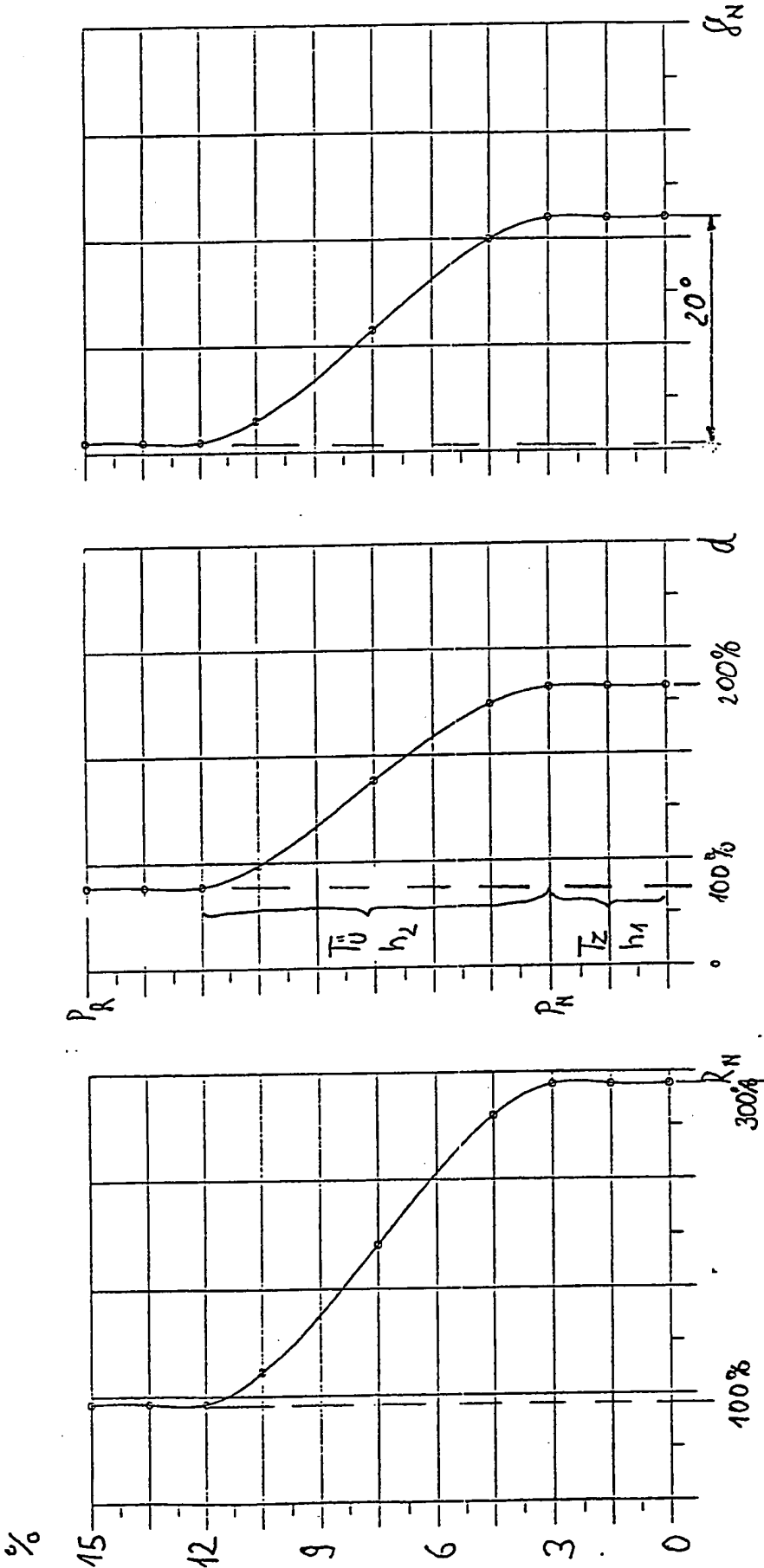


FIG 2g

FIG 2f

FIG 2e

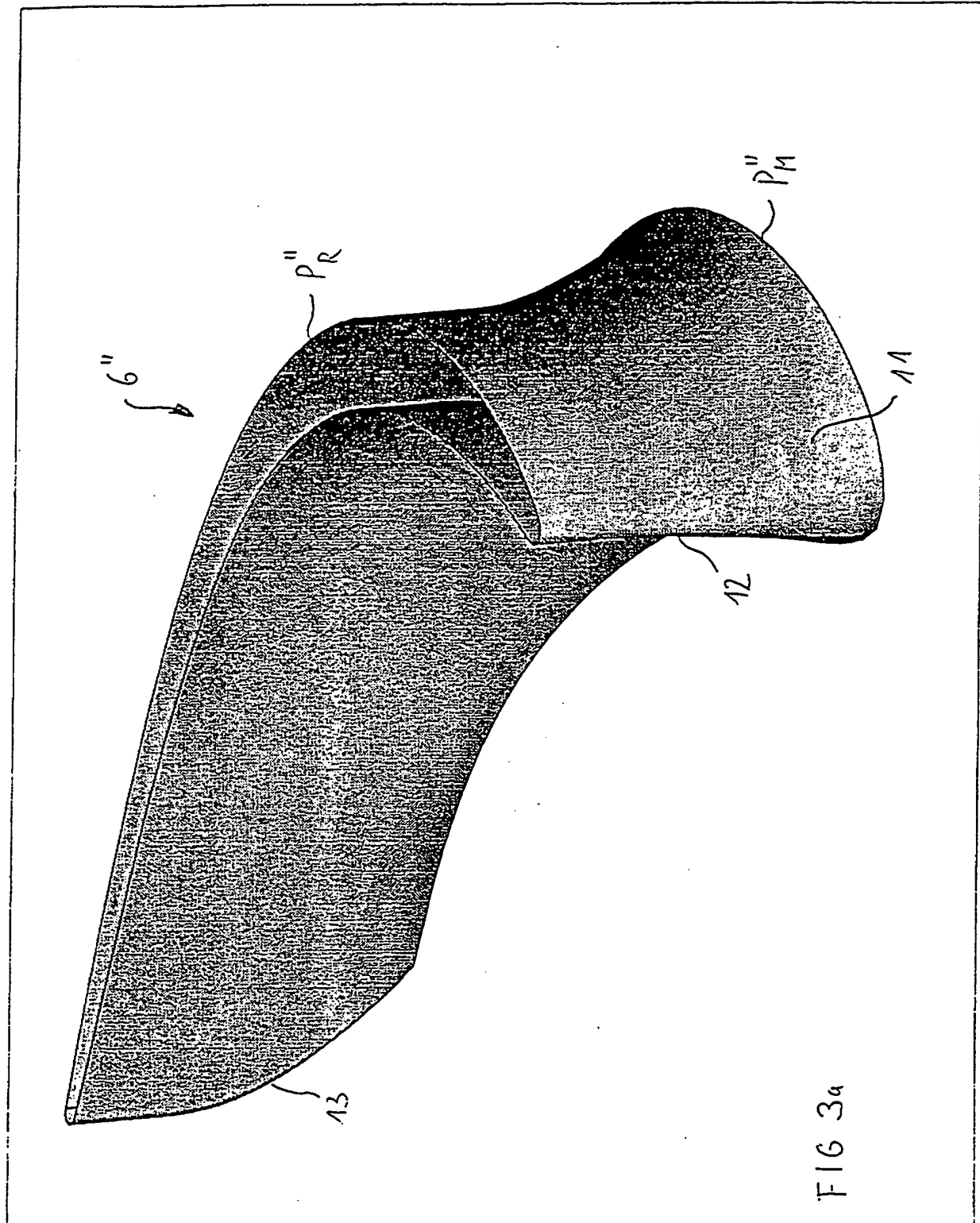
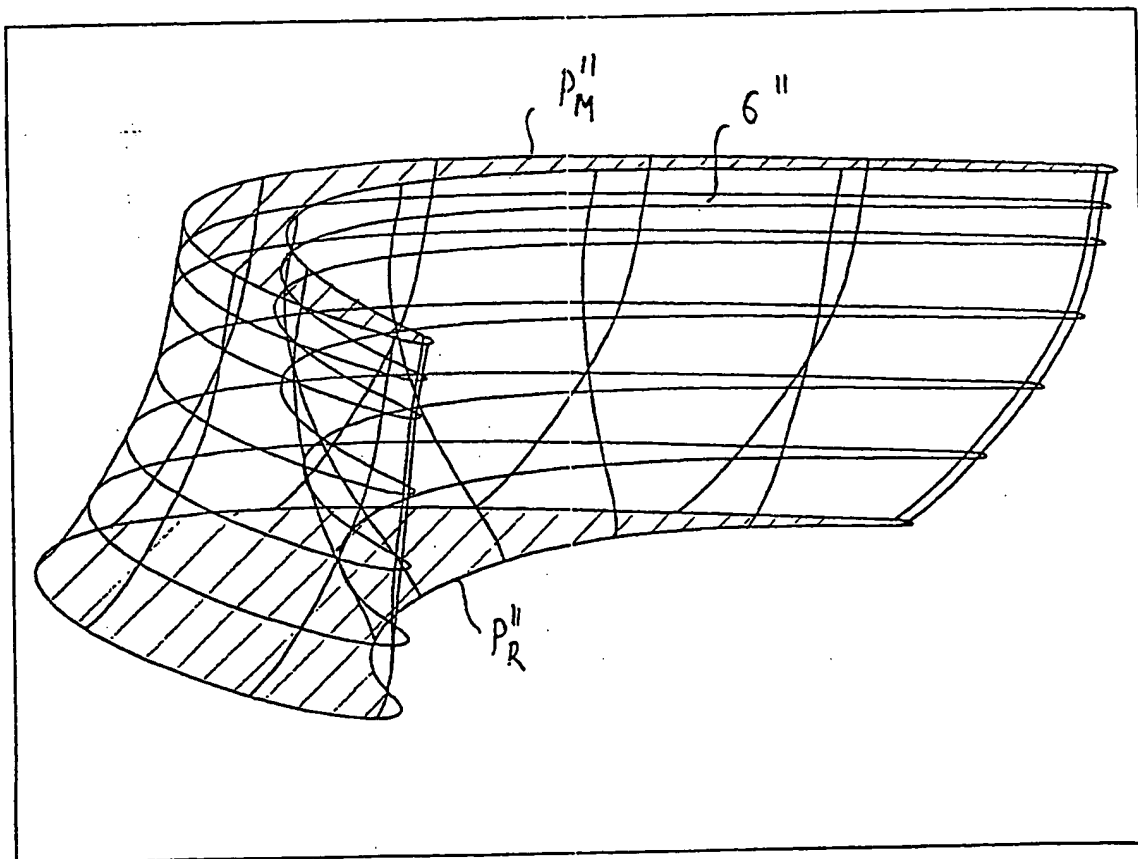


FIG 3a

FIG 3b



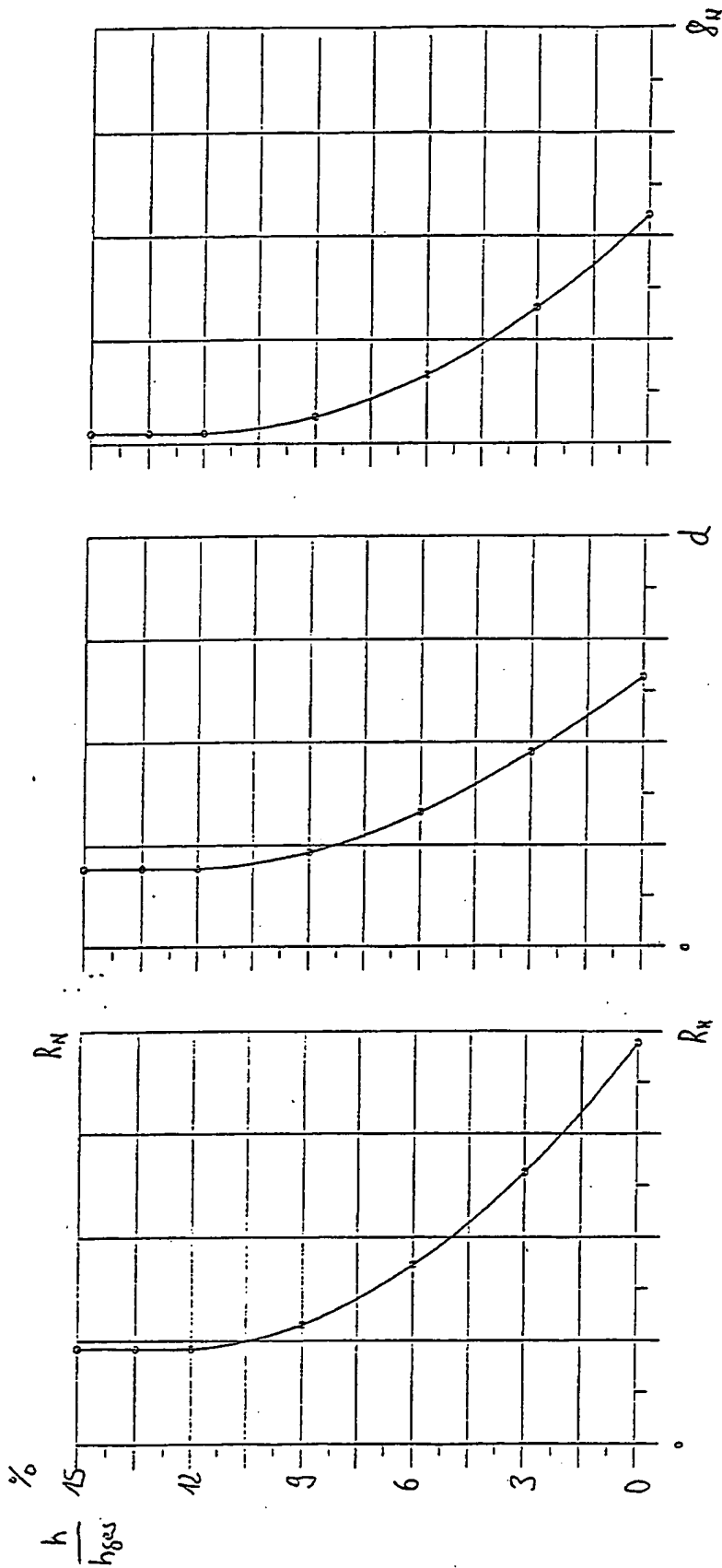


FIG 3c

FIG 3d

FIG 3e

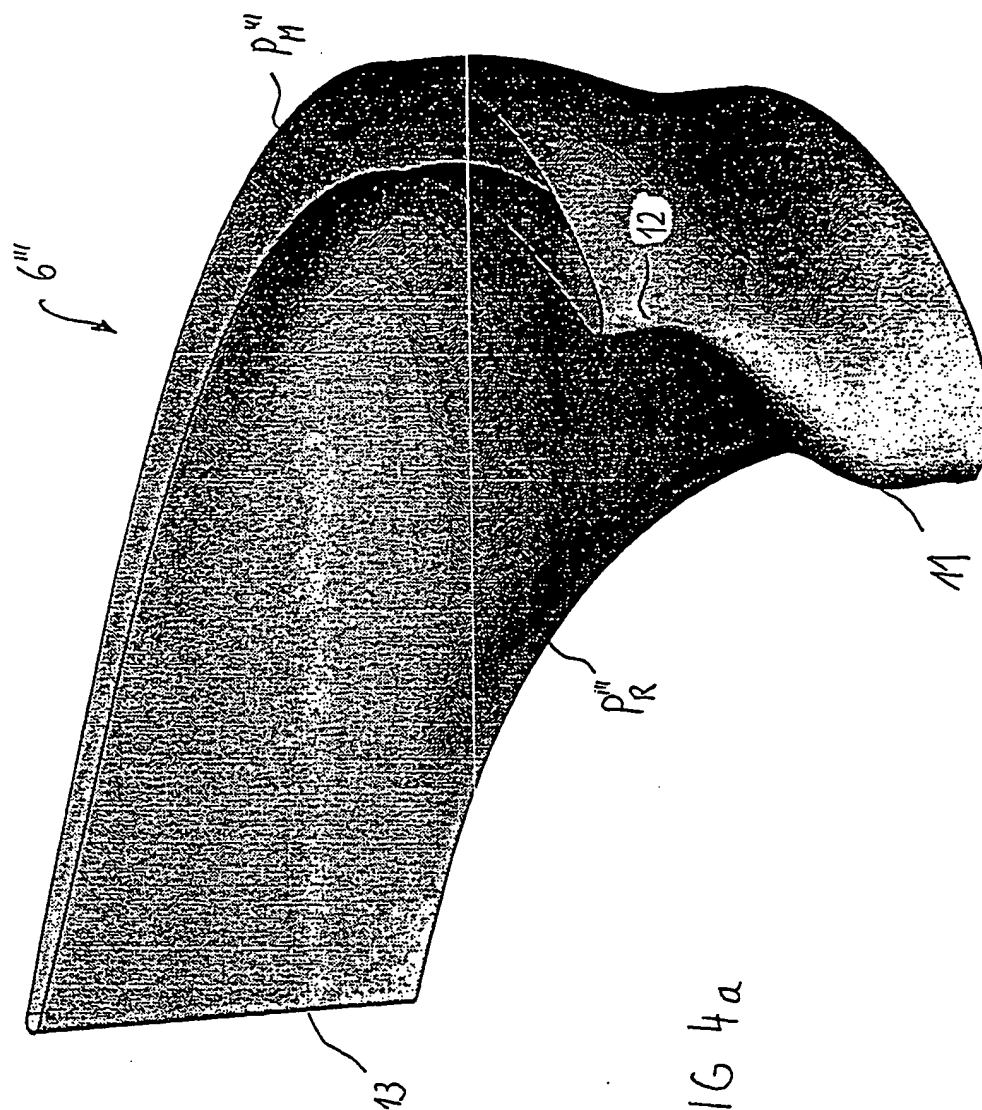


FIG 4a

